

## FEEDBACK METHOD FOR MANUFACTURING PROCESS FOR SEMICONDUCTOR DEVICE

Patent Number: JP11016805  
Publication date: 1999-01-22  
Inventor(s): SOMEYA ATSUSHI; HIRAI TOSHIYA  
Applicant(s): SONY CORP  
Requested Patent: ☐ JP11016805  
Application Number: JP19970163694 19970620  
Priority Number(s):  
IPC Classification: H01L21/027; H01L21/02  
EC Classification:  
Equivalents:

### Abstract

**PROBLEM TO BE SOLVED:** To make it possible to introduce the time factor of process conditions value as weighted to an algorithm for finding feedback values, by finding the algorithm through the weighted moving average.

**SOLUTION:** An algorithm for finding feedback values of exposure conditions is found by the weighted moving average to determine processing conditions for lots to be processed from in-process quality control data from several lots already processed in the lithography step of a manufacturing process for semiconductor devices (S1). Resist is applied to a wafer on which products are to be formed to form a resist film there (S2). Based on the processing conditions by weighted moving average, exposure conditions are established and exposure is performed (S3). The exposed wafer is developed to form a resist pattern (S4). Thereafter, resist pattern dimension measurement and resist pattern shape inspection are performed to judge the acceptability of the wafer.

Data supplied from the esp@cenet database - I2

# 引用例 1 の写し

(19) 日本国特許庁 (J P)

(12) 公開特許公報 (A)

(11) 特許出願公開番号

特開平11-16805

(43) 公開日 平成11年 (1999) 1月22日

(51) Int.Cl.<sup>6</sup>

識別記号

F I

H 0 1 L 21/027  
21/02

H 0 1 L 21/30  
21/02

5 0 2 G  
Z

審査請求 未請求 請求項の数 3 O L (全 5 頁)

(21) 出願番号 特願平9-163694

(22) 出願日 平成 9 年 (1997) 6 月 20 日

(71) 出願人 000002185

ソニー株式会社

東京都品川区北品川 6 丁目 7 番 35 号

(72) 発明者 染矢 篤志

東京都品川区北品川 6 丁目 7 番 35 号 ソニー株式会社内

(72) 発明者 平井 都志也

東京都品川区北品川 6 丁目 7 番 35 号 ソニー株式会社内

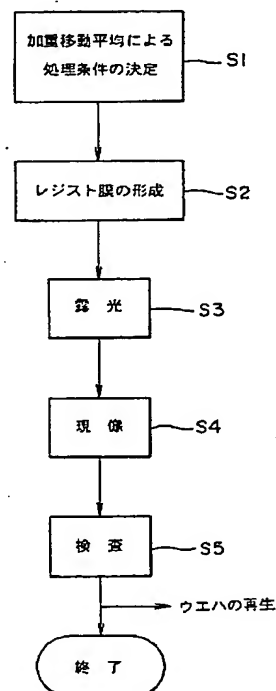
(74) 代理人 弁理士 船橋 國則

(54) 【発明の名称】 半導体装置の製造工程のフィードバック方法

(57) 【要約】

【課題】 従来のフィードバック方法では直近のロットのデータに基づいて補正値を求めるため、数日あるいは数週間に 1 ロットが流れる程度のデバイス製造ラインに適用することは困難であった。

【解決手段】 半導体装置の製造プロセスのリソグラフィ工程で、既に処理された数ロットの I P Q C (工程内プロセス品質制御) データより着工するロットの処理条件を決定するフィードバック方法であって、フィードバック値を求めるアルゴリズムを加重移動平均により求める「加重移動平均による処理条件の決定」S 1 を行うフィードバック方法であり、その加重値には時間をパラメータとした重み付け係数を導入する方法である。



## 【特許請求の範囲】

【請求項1】 半導体装置の製造プロセスのリソグラフィー工程で既に処理された数ロットの工程内プロセス品質制御データに基づいて、これから着工するロットの処理条件を決定するフィードバック方法であって、フィードバック値を求めるアルゴリズムを加重移動平均により求めることを特徴とする半導体装置の製造工程のフィードバック方法。

【請求項2】 請求項1記載の半導体装置の製造工程のフィードバック方法において、前記加重値に、時間をパラメータとした重み付け係数を導入することを特徴とする半導体装置の製造工程のフィードバック方法。

【請求項3】 請求項1記載の半導体装置の製造工程のフィードバック方法において、前記重み付けに前記加重値が単調減少する関数を用いることを特徴とする半導体装置の製造工程のフィードバック方法。

## 【発明の詳細な説明】

## 【0001】

【発明の属する技術分野】本発明は、半導体装置の製造工程のフィードバック方法に関し、詳しくはリソグラフィー工程におけるフィードバック方法に関する。

## 【0002】

【従来の技術】半導体製造プロセスの大きな課題としてC<sub>OO</sub> (Cost Of Ownership) の低減がある。特に非常に回数、時間を要するリソグラフィー工程でのC<sub>OO</sub>の低減は半導体製造プロセス中でも重要である。

【0003】現在、リソグラフィー工程での生産性を大きく低下させている要因の一つには、先行ウエハ (Send Ahead Wafer) による事前の条件設定の工程があげられる。例えば、ウエハ1枚にレジストを塗布した後、露光、現像を行い、レジストパターンの寸法測定を行う。その結果に基づいて露光エネルギーおよびフォーカス位置を決定する。さらに重ね合わせ精度の測定を行う。それによってアライメント補正量を決定する。例えば、パターンのシフト量 (パターン横ずれ量)、スケーリング (放射状の倍率)、ウエハ回転、直交性、ショット回転、ショット倍率等の露光条件補正量を決定する。その後、本体ウエハ上にレジストパターン形成を行う。

【0004】上記のような条件変動要因としては、リソグラフィー要因と他のプロセス要因とに分類できる。例えば露光エネルギーの変動は、リソグラフィー要因としてはレジスト膜厚変動、レジスト感度変動、露光装置 (例えばステッパ) の照明むら変動等が、他のプロセスでは、下地のCVD時の膜厚や光学定数 (屈折率、吸光係数等) の変動等が考えられる。

【0005】そこで上記のような先行ウエハを廃止する目的で、IBM社のPHALCON (Phot Automated Logging and Control System) に代表されるフィードバ

ック方法が導入されつつある。これは上記先行ウエハによる条件出しを廃止する代わりに、直近の数ロットのデータを用いて露光パラメータ (露光エネルギー、アライメント補正值) を決定する方法である。

## 【0006】

【発明が解決しようとする課題】しかしながら、上記PHALCONに代表されるフィードバック方法は、汎用メモリのように大量に同じデバイスが流れる製造ラインではその威力を発揮するが、数日あるいは数週間に1ロットが流れる程度のデバイス製造ラインには向かない。そのため、ASIC等の少量多品種の高付加価値品の生産工程に上記フィードバック方法を適用することは困難であった。

## 【0007】

【課題を解決するための手段】本発明は、上記課題を解決するためになされた半導体装置の製造工程のフィードバック方法である。すなわち、半導体装置の製造プロセスのリソグラフィー工程で、既に処理された数ロットの工程内プロセス品質制御 [IPQC (Inline Process Quality Control)] データに基づいて着工するロットの処理条件を決定するフィードバック方法であって、フィードバック値を求めるアルゴリズムを加重移動平均により求めるフィードバック方法である。その加重値には時間をパラメータとした重み付け係数を導入する。

【0008】上記半導体装置の製造工程のフィードバック方法では、フィードバック値を求めるアルゴリズムを加重移動平均により求めることから、フィードバック値を求めるアルゴリズムに加重値としてプロセス条件の時間要因を導入することが可能になる。そのため、数日あるいは数週間前に流れたロットのIPQCデータに基づいてフィードバック値が求まる。また、加重値には時間をパラメータとした重み付け係数を導入することから、加重値によって時間的変動要因が考慮されることになる。そのため、数日あるいは数週間前に流れたロットのプロセスデータを基にしてフィードバック値を求めても、フィードバック値の時間による変動要因が抑制される。

## 【0009】

【発明の実施の形態】本発明の実施形態の一例を、図1のリソグラフィー工程の説明図によって説明する。

【0010】図1に示すように、「加重移動平均による処理条件の決定」S1によって、半導体装置の製造プロセスのリソグラフィー工程で、既に処理された数ロットの工程内プロセス品質制御データより着工するロットの処理条件を決定する。

【0011】上記「加重移動平均による処理条件の決定」S1では、露光条件のフィードバック値を求めるアルゴリズムを加重移動平均により求める。その加重値には時間をパラメータとした重み付け係数を導入する。。

【0012】一般的な重ね合わせのフィードバックアル

ゴリズムは(1)式のように表せる。

【数1】

【0013】

$$m = \sum_{i=1}^N (l_i' - m_i' \cdot A) / N \quad \dots\dots (1)$$

(1) 式中、m：重ね合わせの補正值、

$l_i'$ ：参照ロット(i番目のロット)の補正量、

$m_i'$ ：参照ロット(i番目のロット)のIPQCデータ、

A：フィードバックゲイン、N：参照ロット数を表す。

【0014】これに対し本発明では、(1)式に加重移動平均を導入して、重ね合わせのフィードバックアルゴリズムを(2)式のように表した。

【0015】

【数2】

$$m = \sum_{i=1}^N [(l_i' - m_i' \cdot A) W_i] / \sum_{i=1}^N W_i \quad \dots\dots (2)$$

(2) 式中、m：重ね合わせの補正值、

$l_i'$ ：参照ロット(i番目のロット)の補正量、

$m_i'$ ：参照ロット(i番目のロット)のIPQCデータ、

A：フィードバックゲイン、 $W_i$ ：i番目のロットの加重値、

N：参照ロット数を表す。

【0016】また、一般的な線幅精度に影響を及ぼす露光エネルギーeのフィードバックアルゴリズムは(3)式のように表せる。

【0017】

【数3】

$$e = [\sum_{i=1}^N (d_i' - T) \cdot A \cdot D + e_i'] / N \quad \dots\dots (3)$$

(3) 式中、e：推奨露光エネルギー、

$d_i'$ ：参照ロット(i番目のロット)の線幅、

T：ターゲットの線幅、A：フィードバックゲイン、D：回帰係数、

$e_i'$ ：作業済ロット(i番目のロット)の露光エネルギー、

N：参照ロット数を表す。

【0018】これに対し本発明では、(3)式に加重移動平均を導入して、露光エネルギーeのフィードバックアルゴリズムを(4)式のように表した。

【0019】

【数4】

$$e = [\sum_{i=1}^N (d_i' \cdot W_i) / \sum_{i=1}^N W_i - T] \cdot A \cdot D + \sum_{i=1}^N (e_i' \cdot W_i) / \sum_{i=1}^N W_i \quad \dots\dots (4)$$

(4) 式中、e：推奨露光エネルギー、

$d_i'$ ：参照ロット(i番目のロット)の線幅、

$W_i$ ：i番目のロットの加重値、T：ターゲットの線幅、

A：フィードバックゲイン、D：回帰係数、

$e_i'$ ：作業済ロット(i番目のロット)の露光エネルギー、

N：参照ロット数を表す。

【0020】上記(2)式、(4)式等を用いて加重移

動平均による処理条件の決定を行い、入力補正値を求め

る。

【0021】そして「レジスト膜の形成」S2によって、製品を形成するウエハにレジストを塗布してレジスト膜を形成する。その際、塗布後にベーキングを行ってレジスト膜を硬化させる。この「レジスト膜の形成」S2は「加重移動平均による処理条件の決定」S1と並列に処理してもよい。

【0022】次いで「露光」S3によって、上記「加重移動平均による処理条件の決定」S1により決定した処理条件に基づいて露光条件を設定して露光を行う。

【0023】続いて「現像」S4によって、上記露光したウエハの現像を行い、レジストパターンを形成する。

【0024】その後「検査」S5によって、レジストパターン寸法（線幅）の測定、レジストパターン形状の検査を行う。その結果、良好であればリソグラフィ工程を「終了」する。もし検査結果が不良であれば、ウエハを再生する工程に送る。

【0025】このように、本発明の方法では、重ね合わせの補正值および露光エネルギーを求める式に加重移動平均を導入することによって、アルゴリズムに加重値としてプロセス条件の時間的要因を導入することが可能になる。そのため、数日あるいは数週間前に流れたロットのプロセスデータに基づいてフィードバック値が求まる。また、加重値 $W_i$ に時間をパラメータとした重み付け係数を導入することにより、加重値 $W_i$ によって時間的変動要因が考慮されることになる。そのため、数日あるいは数週間前に流れたロットのプロセスデータを基にしてフィードバック値を求めても、フィードバック値の時間による変動要因が抑制される。

【0026】次に重ね合わせ精度の平行移動誤差(Translation)を一例として、従来法と本発明の方法との比較を行う。

【0027】図2はあるステッパ(露光装置)のEQC(装置メンテナンスデータ)での平均移動誤差を示したものであり、縦軸に平均移動誤差を示し、横軸に時間を示す。

【0028】図2に示すように、時間の経過とともに平均移動誤差が変化していることがわかる。このような変動が起こる理由は、例えばステッパのアライメントセンサーのテレセン性(フォーカス像の横方向ずれ)の悪化等がある。このような変動要因を補正することを目的として、上記説明したように加重移動平均を導入することによってプロセス条件を求める。

【0029】また図3はある製品ロットでの先行ウエハ

$$W_i = t/60 + 1 \quad \cdots (5)$$

(5)式中、 $W_i$  : i番目のロットの加重値、 $t$  : 時間を表す。

【0035】したがって、加重移動平均の加重値は以下のようになる。例えば58日前の加重値 $W_1 = (-58)/60 + 1 = 0.03$ となる。ここでは、 $t$ は当日

法による重ね合わせ誤差とその時のステッパ(露光装置)への補正入力値であり、縦軸にIPQC値および補正入力値を示し、横軸に時間を示す。

【0030】図3に示すように、補正を行わないIPQC値は時間の経過とともに平均移動誤差は、例えば、58日前が $-0.01\mu\text{m}$ 、56日前が $-0.00\mu\text{m}$ 、11日前が $0.04\mu\text{m}$ 、7日前が $0.06\mu\text{m}$ 、2日前が $0.05\mu\text{m}$ 、当日が $0.06\mu\text{m}$ というように、大きく変動を起こしている。このように変動が起こる原因は、例えばステッパのアライメントセンサーのテレセン性(フォーカス像の横方向ずれ)の悪化等がある。このような変動要因を補正することを目的として、上記説明したように加重移動平均を導入することによってプロセス条件を求める。今、先行ウエハ法による入力補正值を理想補正值とする。その入力補正值は、58日前が $0.00\mu\text{m}$ 、56日前が $-0.01\mu\text{m}$ 、11日前が $-0.03\mu\text{m}$ 、7日前が $-0.04\mu\text{m}$ 、2日前が $-0.04\mu\text{m}$ 、当日が $-0.06\mu\text{m}$ であった。そして、その補正值を用いて処理した後のIPQC値は、58日前が $-0.01\mu\text{m}$ 、56日前が $-0.01\mu\text{m}$ 、11日前が $0.01\mu\text{m}$ 、7日前が $0.02\mu\text{m}$ 、2日前が $0.01\mu\text{m}$ 、当日が $0.00\mu\text{m}$ になった。

【0031】ここでフィードバック法を使用した場合で、従来法である上記(1)式および本発明の方法である(2)式において係数 $A=1.0$ とし、参照ロット数を5ロット(ただし、参照データの有効期間は60日)として計算を行った。また加重移動平均の加重値はここでは等差級数として以下のように設定した。 $W_1=0.10$ 、 $W_2=0.15$ 、 $W_3=0.20$ 、 $W_4=0.25$ 、 $W_5=0.30$ 、ただし $\sum W_i=1.00$ とした。

【0032】その結果、従来法では、入力補正值(入力オフセット量)は $-0.03\mu\text{m}$ となり、理想補正量 $=-0.06\mu\text{m}$ とのフィードバック誤差は $0.03\mu\text{m}$ となった。一方、本発明の方法では、入力補正值(入力オフセット量)は $-0.04\mu\text{m}$ となり、理想補正量 $=-0.06\mu\text{m}$ とのフィードバック誤差は $0.02\mu\text{m}$ となった。そして両者を比較すると、加重移動平均を用いた本発明の方法の方が、フィードバック性能は $0.01\mu\text{m}$ 良いことがわかる。

【0033】次に上記 $W_i$ を時間 $t$ の関数 $f(t)=W_i$ とし、ここでは(5)式として、上記(2)式に適用した場合を以下に示す。

【0034】

【数5】

を0として起算し、マイナスにて表すことにしている。したがって、58日前であれば $t=-58$ となる。同様にして56日前、11日前、7日前、2日前の加重値

は、それぞれ、 $W_2 \approx 0.07$ 、 $W_3 \approx 0.82$ 、 $W_4 \approx 0.88$ 、 $W_5 \approx 0.97$ となる。これらの加重値を基にして(2)式により計算すると、入力補正值(入力オフセット量)は $-0.05 \mu\text{m}$ となる。その結果、上記理想補正值 $-0.06 \mu\text{m}$ とのフィードバック誤差は $0.01 \mu\text{m}$ である。両者を比較すると、加重移動平均を用いた本発明の方法の方がフィードバック性能は $0.02 \mu\text{m}$ 優れていることがわかる。

【0036】ここでは、重み付けに、加重値が単調減少する関数として一次関数を用いたが、ガウス関数など時間により加重値が単調に減少する関数であれば、一次関数に限定されない。なお、上記ガウス関数は標準偏差が大きくなると、近似的に一次関数と見なすことが可能である。

【0037】

【発明の効果】以上、説明したように本発明によれば、フィードバック値を求めるアルゴリズムを加重移動平均により求めるので、アルゴリズムに加重値としてプロセ

ス条件の時間要因を導入することが可能になる。そのため、数日あるいは数週間前に流れたロットのプロセスデータに基づいてフィードバック値を求めることが可能になるので、高精度のフィードバックを実現することが可能になる。さらに加重値に時間をパラメータとした重み付け係数を導入する方法によれば、さらに高精度のフィードバックを実現できる。よって、TATの短縮、再生ウエハの発生量の減少等を実現することができるので、生産性の向上が図れる。それとともに、線幅精度の向上により素子の微細化、高集積化が可能になるとともにデバイス性能の向上が図れる。

【図面の簡単な説明】

【図1】リソグラフィ工程の説明図である。

【図2】ステッパのEQCデータの説明図である。

【図3】先行ウエハ法による製品ロットの重ね合わせ結果の説明図である。

【符号の説明】

S1…加重移動平均による処理条件の決定

【図1】

